

А. Р. Багаутдинова, А. М. Дубинин, В. Г. Тупоногов, С. А. Грицук
Уральский федеральный университет, Екатеринбург
v.g.tuponogov@urfu.ru

УГОЛЬНЫЙ ГАЗИФИКАТОР ДЛЯ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В работе рассмотрено получение синтез-газа для батареи твердооксидных топливных элементов в газогенераторе с псевдоожигенным слоем.

Ключевые слова: газогенератор; псевдоожигенный слой; полукокс; водяной пар; котел-утилизатор.

A. R. Bagautdinova, A. M. Dubinin, V. G. Tuponogov, S. A. Gritsuk
Ural Federal University, Ekaterinburg

SYN-GAS PREPARATION FROM BORODINSKY COAL FOR SEMI- COKE FOR SOLID OXIDE FUEL CELLS

In the paper the synthesis-gas producing for the battery of a solid oxide fuel cells in a gasifier with a fluidized bed is considered.

Key word: gasifier; fluidized bed; solid oxide fuel cells battery; semi-coke; water vapor; exhaust heat boiler; efficiency coefficient.

Введение. Прогресс в эффективном использовании твердого топлива может быть достигнут благодаря современным технологиям его конверсии в синтез-газ для твердооксидных топливных элементов [1]. Одной из таких технологий является газификация угля в газогенераторе с псевдоожигенным слоем [2].

Эксперименты на газогенераторе. Для определения характеристик синтез-газа были выполнены эксперименты на отдельной лабораторной модели (рисунок) паровой газификации полукокса бородинского бурого угля в псевдоожигенном слое.

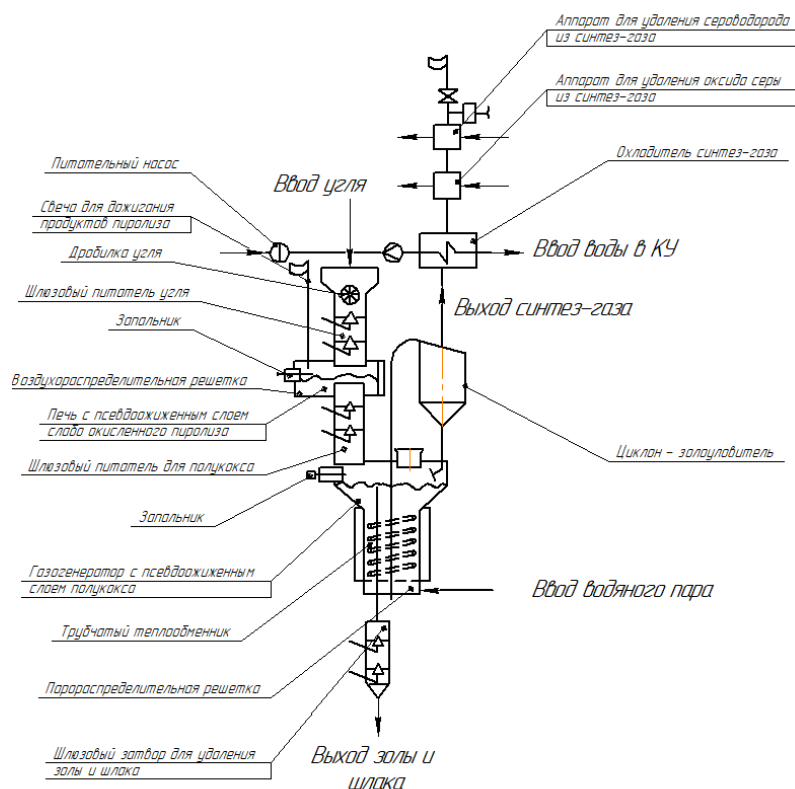


Схема газогенератора с псевдоожиженным слоем

В ходе эксперимента были определены расход синтез газа, расход полукокса, расход водяного пара, химический КПД газогенератора, мощность, потребляемая газогенератором, мощность, подводимая к газогенератору.

Расход полукокса в газогенератор 4 кг/ч, перегретого до 550 °С водяного пара 6,4 кг/ч. Температура в слое поддерживалась 850 °С. Выход влажного синтез-газа 9,5 кг/ч. Экспериментальные данные использовались для расчетов, результаты которых приведены в таблице.

Уравнение теплового баланса газогенератора. Сумма тепловых мощностей, образуемая мощностью от обогреваемой стенки трубчатого теплообменника 15 (см. рисунок) $\alpha(t_{\text{ст}} - t)F$ и вносимыми в объем газогенератора мощностями с сухим полукоксом $q_1 B_{\text{сг}}$, влагой полукокса $q_2^* B_{\text{сг}}$ и водяным паром $q_3^* B_{\text{сг}} - \sum_1^3 q_i B_{\text{сг}}$, расходуется на эндотермическую реакцию $q_{x2} B_{\text{сг}}$, подогрев продуктов этой реакции $c_{\text{сг}} t B_{\text{сг}}$, на нагрев, испарение и перегрев пара от влаги полукокса $q_4 B_{\text{сг}}$,

тепловую потерю в окружающую среду q_5^* , и химический недожог q_3^{**} :

$$(q_{x2} + c_{c2}t + q_4) B_{c2} (1 + q_5^* + q_3^{**})$$

$$\alpha(t_{ct} - t)F + \sum_1^3 q_i B_{ct} = (q_{x2} + c_{c2}t + q_4) B_{c2} (1 + q_5^* + q_3^{**}).$$

Результаты расчетов для номинального режима работы ЭХГ

Параметр	Формула	Значение
Расход синтез-газа, B_{cr} , кг/с	$B_{cr} = \frac{Q_2}{q_{x1}\eta}$	$2,64 \cdot 10^{-3}$
Расход полукокса $G_{пк}$, кг/с	$G_{пк} = \frac{B_{cr}\mu_c}{C^p(\mu_c + 1.4\mu_{H_2O})}$	$1,132 \cdot 10^{-3}$
Расход водяного пара G_{H_2O} , кг/с	$G_{H_2O} = \frac{B_{rc} \cdot 1.4 \cdot \mu_{H_2O}}{\mu_c + 1.4\mu_{H_2O}}$	$1,78 \cdot 10^{-3}$
Химический КПД газогенератора η_x^* , отн. ед. (%)	$\eta_x^* = \frac{B_{cr} \cdot q_{x1}}{[G_{пк} \cdot Q_n^* + (q_{x2} + C_{cr} \cdot t) \cdot B_{cr}]}$	0,826 (82,6 %)
Мощность, потребляемая газогенератором $Q_{ГГ}$, кВт	$Q_{ГГ} = \left[1.1(q_{x2} + c_{cr}t + q_4) - \sum_1^3 q_i \right] B_{cr}$	13,46
Мощность, подводимая к газогенератору $Q_{ГГ}$, кВт	$Q_{ГГ} = \alpha(t_{ct} - t)F$	13,46

Выводы. Эксперименты по паровой газификации полукокса бородинского бурого угля в реторте, обогреваемой снаружи электрической энергией, показали: состав синтез-газа, % по объему: CO – 39,9; H₂ – 39,7; CO₂ – 1,4; CH₄ – 0,7; H₂O – 18,3. Теплота сгорания синтез-газа 13359 кДж/м³. Химический КПД газогенератора 82,6 %.

Проведенные эксперименты заложены в основу разработки газогенератора для производства синтез-газа. Теплота в реакционной объем слоя подводится через трубчатый теплообменник, в котором происходит окисление продуктов, выходящих из анодного канала, воздухом из катодного канала.

Список использованных источников

1. Lisbona P., Romeo L.M. Enhanced coal gasification heated by unmixed combustion integrated with an hybrid system of SOFC/GT // International J. Hydrogen Energy. 2008. V. 33, № 20. P. 5755–5764.
2. Promes E. J. O. Thermodynamic evaluation and experimental validation of 253 MW integrated coal gasification combined cycle power plant // Applied Energy. 2015. V. 155. P. 181–194.